

процессов на ежедневной основе автоматически осуществляется проверка состояния металла и сварных швов [4].

Электростанция в Боксберге является хорошим примером того, что из построенной на старых принципах и технологиях ТЭС можно сделать эффективную станцию с высоким КПД и низкими выбросами в атмосферу. Проведение подобных реконструкций устаревших ТЭС в России может стать первым шагом навстречу новой эпохе в области энергетики и дать толчок дальнейшему развитию технологий и созданию новых высокотехнологичных и эффективных электростанций, удовлетворяющих нужды в потреблении энергии при невысоких затратах.

#### Список литературы

1. Vattenfall's Power Plants. Boxberg [Электронный ресурс]. URL: <http://powerplants.vattenfall.com/powerplant/boxberg> (дата обращения: 12.11.2014).
2. Heimann G. Renovation and Modernization of Lignite fired Power Plant Boxberg // 4th EU South Africa Coal and Clean Coal Working Group Meeting. Johannesburg, 5–6 Nov. 2012.
3. Rost R. Clean Coal Technologies on example of Vattenfall's Power Plant Projects BOXBERG unit R and MOORBURG // 9th Meeting of the Task Force on Regional Energy Cooperation in Central and South Asia (RECA). Astana, Kazakhstan, 7 October 2013.
4. Vattenfall Europe Generation AG. Boxberg unit R. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.bea-tdl.de/fileadmin/BEA/referenzen/energietechnik-energieerzeugung/Englisch/6\\_RB\\_Block\\_20R\\_20Boxberg\\_eng.pdf](http://www.bea-tdl.de/fileadmin/BEA/referenzen/energietechnik-energieerzeugung/Englisch/6_RB_Block_20R_20Boxberg_eng.pdf) (дата обращения: 12.11.2014).

УДК 532.1

Бадыкова Л. Н., Зиганшин А. М.  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет  
amziganshin@kgasu.ru

## ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ПЛОСКОМ ПРИТОЧНОМ ТРОЙНИКЕ НА СЛИЯНИЕ

Обычно в системах вентиляции или дымоходов используется такой фасонный элемент, как тройник на приток или на разделение потоков. Для этого случая имеются данные о коэффициенте местного сопротивления [1; 2]. Тем не менее, бывают случаи, в которых приточный тройник работает на слияние – например, случаи параллельной работы двух нагнетателей на одну сеть. Неизвестно, как учитывать возникающие при этом потери. Работа посвящена численному исследованию течения в приточном равностороннем (ширина канала  $b = 0,1$  м) тройнике на слияние. Задача решается в двухмерной постановке, общая система уравнений движения турбулентной жидкости замыкается при помощи универсальной  $k$ - $\varepsilon$  модели турбулентности. Для моделирования пограничного слоя используются стандартные пристеночные функции. На рис. 1 приведена геометрия расчетной области и характерные линии тока.  $AB$  и  $EF$ : границы, через которые воздух подается через тройник – граничное условие

равномерной скорости на входе,  $CD$  – выходная граница, остальные границы – непроницаемые стенки. На рисунке видна отрывная зона, образующаяся у острой кромки тройника и являющаяся одной из причин резкого падения давления в данном возмущающем элементе. Длины каналов вверх по течению (ответвления прямое и боковое согласно терминологии [1]) взяты равными  $20b$ , а вниз по течению (слияние) –  $100b$ .

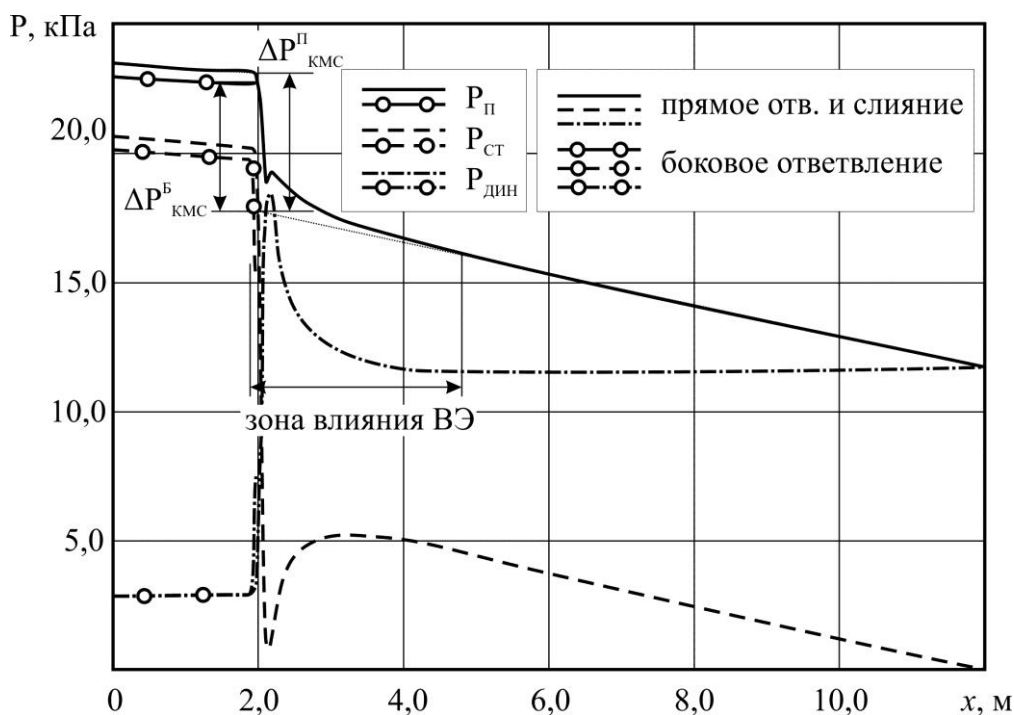


Рис. 1. Геометрия расчетной области и линии тока течения

На первом этапе было проведено исследование на «сеточную зависимость» – решен ряд задач с последовательно измельчаемой сеткой, причем на первых этапах сетка измельчалась во всей области, а затем только возле твердых границ. Такая стратегия измельчения была выбрана, чтобы не только разрешить достаточно мелкой сеткой область основного (ядра) течения, но и с целью правильно смоделировать пограничный слой. При измельчениях контролировались искомые значения КМС на боковом и прямом ответвлениях, безразмерный параметр  $y^*$ , характеризующий качество сетки в пограничном слое (должен быть порядка 30), а также падение давлений полного  $P_p$ , статического  $P_{ст}$  и динамического  $P_{дин}$  по длине канала с тройником.

В результате исследования на «сеточную зависимость» за окончательную принята задача после девяти этапов измельчения. Безразмерный параметр  $y^* \sim 44$ , разница между изменениями давлений по длине канала с тройником для 9-го и 8-го этапов не превысила 0,7 %, а между значениями КМС этих этапов – не более 0,06 %. Минимальный линейный размер ячейки составил около 7 мм, количество расчетных ячеек – 1,8 млн., узлов – 2,4 млн.

Далее на рис. 2 показано изменение давлений по длине канала.

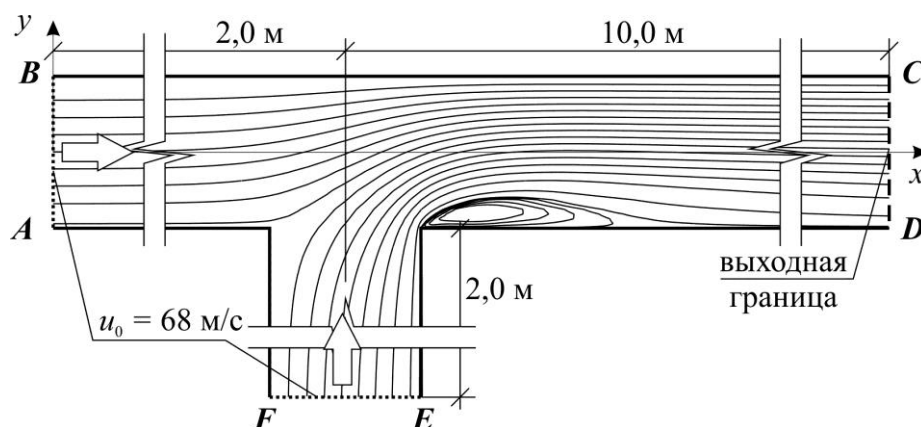


Рис. 2. Изменение давлений по длине канала с тройником

Здесь видно, как области линейного изменения полного давления, в которых потери возникают только за счет трения, так и, так называемую, зону влияния возмущающего элемента (ВЭ) – область резкого падения полного давления в месте установки ВЭ. Видно также, что зона влияния имеет незначительную длину вверх по течению (порядка одного калибра) и в основном распространяется в канале после тройника (порядка 25 калибров).

Значение коэффициента местного сопротивления вычислялось по результатам численного расчета. Первоначально были определены значения среднего удельного падения давления на участках линейного изменения полного давления – в прямом и боковом ответвлениях:  $R_{\Pi} = 165,21$  Па/м,  $R_{\text{Б}} = 164,38$  Па/м, а также в канале после ВЭ (на слиянии):  $R_{\text{С}} = 624,4$  Па/м. Потери давления на трение при движении воздуха в канале с тройником по прямому ответвлению и далее по каналу составят

$$\Delta P_{\text{тр}}^{\Pi-\text{С}} = R_{\Pi} \cdot l_{\Pi} + R_{\text{С}} \cdot l_{\text{С}} = 165,21 \cdot 2 + 624,4 \cdot 10 = 6574,4 \text{ Па},$$

аналогичные потери при движении с бокового ответвления составят

$$\Delta P_{\text{тр}}^{\text{Б}-\text{С}} = R_{\text{Б}} \cdot l_{\text{Б}} + R_{\text{С}} \cdot l_{\text{С}} = 164,38 \cdot 2 + 624,4 \cdot 10 = 6572,8 \text{ Па}.$$

Тогда значения КМС:

для прямого ответвления

$$\zeta_{\Pi} = \frac{P_{\Pi}^{\text{AB}} - P_{\Pi}^{\text{CD}} - \Delta P_{\text{тр}}^{\Pi-\text{С}}}{P_{\text{дин}}} = \frac{23516,8 - 11639,6 - 6574,4}{11328,8} = 0,468;$$

для бокового ответвления

$$\zeta_{\text{Б}} = \frac{P_{\Pi}^{\text{FE}} - P_{\Pi}^{\text{CD}} - \Delta P_{\text{тр}}^{\text{Б}-\text{С}}}{P_{\text{дин}}} = \frac{22990,2 - 11639,6 - 6572,8}{11328,8} = 0,422.$$

Экспериментальные значения  $\zeta_{\Pi}$  и  $\zeta_{\text{Б}}$  для вытяжных тройников, определенные по [1], составили 0,525 и 0,413 соответственно. Отличие от найденных величин численно не превышает 10 %. Если сравнить численные данные с приточным тройником на разделении согласно [1]:  $\zeta_{\Pi} = 0,55$  и  $\zeta_{\text{Б}} = 1,4$ , то видно, что значения отличаются уже существенно.

Для того чтобы делать вывод о сравнимости КМС для приточного и вытяжного тройника на слияние, нужно провести дальнейшие исследования для других отношений  $G^B/G^C$ .

#### Список литературы

1. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. / Б. В. Баркалов [и др.]; под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1992. Кн. 2. 416 с.

УДК 621.315.2

Баева И. А., Ковалев А. А.  
Уральский государственный университет путей сообщения  
Irina.baeva.01@mail.ru, kovalev@k66.ru

## ПРОВЕДЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Многолетний опыт эксплуатации воздушных линий электропередач традиционного исполнения, то есть выполненных неизолированными проводами, показал ряд их существенных недостатков. Появилась необходимость защиты их с помощью самонесущего изолированного провода (СИП).

Средняя повреждаемость линий традиционной конструкции на железобетонных опорах 4–5 повреждений на 100 км в год для неизолированных проводов и 0,9 повреждений на 100 км в год для защищенных проводов.

Достоинств неизолированных проводов много, но можно обосновать необходимость использования и самонесущих изолированных проводов.

В России первые линии с СИП появились еще в 1988 году. В 2003 году в «Правилах устройства электроустановок» (7-е издание) данные линии рекомендованы как основной вариант строительства новых и реконструкции старых ВЛ – 0,4 кВ, а также, в определенных случаях, ВЛ 6–10 кВ. Но лишь через год-полтора основные энергосистемы России начали массовое применение технологии СИП [1]. Основные преимущества СИП приведены в таблице [2].

Основные преимущества воздушной линии с изолированными проводами (ВЛИ)

Преимущества ВЛИ	Чем обусловлены
Высокая электробезопасность	Отсутствие возможности прямого контакта с токопроводящими элементами. Исключение однофазных замыканий на землю. Исключение обрывов проводов при атмосферных воздействиях (гололед, ветровые нагрузки) и падениях деревьев
Высокая эксплуатационная надежность	Исключение коротких замыканий при соприкосновении проводов и контактов с заземленными элементами (строительные механизмы, ветки деревьев)